

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA



**Degradação da Força de Cadeias  
Elastoméricas com e sem Pré-Estiramento -  
Estudo Comparativo**

Ana Rita Casanova Firmino

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2014

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA



**Degradação da Força de Cadeias  
Elastoméricas com e sem Pré-Estiramento -  
Estudo Comparativo**

Ana Rita Casanova Firmino

Dissertação orientada

Pelo Prof. Doutor Luís Filipe Almeida Silva Jardim

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2014

## Resumo

O pré-estiramento das cadeias elastoméricas antes de serem aplicadas em tensão na cavidade oral tem sido sugerido como método para reduzir a perda de força inicial. No entanto, os estudos têm demonstrado resultados inconclusivos. Numerosos estudos anteriores avaliaram a degradação da força de cadeias elastoméricas, no entanto, até à data, apenas um estudo avaliou o declínio da força relativamente a diferentes mecânicas aplicadas na retração de caninos.

Os objetivos deste trabalho foram estudar a força produzida por cadeias elastoméricas, simulando a retração de um canino, com e sem pré-estiramento instantâneo, utilizando dois sistemas biomecânicos ao longo do tempo.

Para este trabalho foram usadas cadeias elastoméricas com 3 e 4 elos, que foram subdivididas em 3 grupos: um não sofreu pré-estiramento, outro foi estirado o dobro do seu comprimento e o último foi estirado o triplo do seu comprimento. Foram feitas medições da força dos espécimes num Instron em 6 tempos até às 6 semanas. No intervalo entre as medições as cadeias foram mantidas numa estrutura de acrílico mergulhada em água destilada, à temperatura de 37°C, para simular o ambiente oral. Os resultados foram analisados com uma análise de variância, usando como fatores o tipo de cadeia, o grau de estiramento e o tempo decorrido. O nível de significância estatística foi fixado em 0,01.

Nos resultados observou-se que o comportamento entre as cadeias de 3 e 4 elos ao longo do tempo foi semelhante ( $p > .0001$ ), apesar a cadeia de 4 elos manter a força sempre ligeiramente superior (sem diferenças estatisticamente significativas). O comportamento entre o controlo e o estiramento 2x foi semelhante em todos os tempos ( $p > .0001$ ). O estiramento 3x resultou inicialmente numa força inferior aos outros 2 grupos, não apresentando diferenças significativas em relação aos outros 2 grupos a partir da primeira semana.

Palavras passe: cadeias elastoméricas, pré-estiramento, degradação de força, retração canina, número de elos

# Índice

Introdução.....	5
Objetivos .....	8
Materiais e Métodos.....	9
Delineamento experimental .....	9
Preparação das amostras .....	11
Testes de tensão.....	14
Análise Estatística .....	17
Resultados .....	18
Discussão:.....	26
Conclusões:.....	28
Bibliografia.....	29

# Introdução

As cadeias elastoméricas foram introduzidas nos anos 60 e desde então tornaram-se numa parte integrante do tratamento ortodôntico (Baty, Storie e von Fraunhofer 1994). São usadas para gerar uma força baixa e contínua para a retração de caninos, encerramento de diastemas, correção de rotações e constrição das arcadas (De Genova *et al.* 1985).

As suas principais vantagens incluem a facilidade de manuseamento, o baixo custo, o baixo potencial de trauma intraoral, a necessidade mínima ou nula de cooperação por parte do paciente e a vasta gama de cores e transparência. As desvantagens podem ser observadas na inconsistência dos níveis de força ao longo do tempo, com perda inicial rápida da força devido a tensões de relaxamento, na deformação permanente, na absorção de fluidos intraorais, levando à descoloração, e no compromisso da higiene oral (Andreasen e Bishara 1970; Bishara e Andreasen 1970; Buchmann *et al.* 2011).

Existem dois mecanismos significativos que influenciam a degradação das cadeias elastoméricas: o estiramento elástico e o deslizamento da cadeia (De Genova *et al.* 1985). O estiramento elástico é um efeito reversível que ocorre quando uma carga aplicada faz com que moléculas individuais do polímero se desenrolem, estirem e estendam. O deslizamento da cadeia ocorre quando uma carga aplicada faz com que as moléculas de polímero deslizem entre si, resultando em deformação permanente. A ativação de cadeias ortodônticas inicialmente passa pelo processo de alongamento que, se a carga for sustentada, é seguido pelo mecanismo de deslizamento.

Vários autores demonstraram uma perda da força inicial das cadeias durante o 1º dia de aplicação da carga, variando entre 50% a 70%, 10% adicionais às 3 semanas, restando somente 30% a 40% da força original ao fim de 4 semanas (Andreasen e Bishara 1970; Bishara e Andreasen 1970; Hershey e Reynolds 1975; Wong 1976; De Genova *et al.* 1985). Esta perda da força inicial abrupta faz com que seja difícil para o ortodontista determinar a força que vai ser transmitida ao dente ao longo do tempo.

Tem sido sugerido na literatura um método para reduzir a perda de força inicial, que consiste no pré-estiramento das cadeias elastoméricas antes de serem aplicadas em tensão na cavidade oral. No entanto, os estudos têm demonstrado resultados

inconclusivos. (Brantley *et al.* 1979; Young e Sandrik 1979; Kim *et al.* 2005). Young e Sandrik (Young e Sandrik 1979; Baty, Storie e von Fraunhofer 1994) referem que o pré-estiramento instantâneo de cadeias no ar aumenta significativamente a força residual depois de 24 horas em 17 a 25%, quando comparado com os espécimes não estirados. Chang (Chang 1987) investigou o efeito de pré-estiramento instantâneo sobre o comportamento de degradação da força em cadeias elastoméricas com quatro elos. Foi efetuado o pré-estiramento instantâneo a 100, 200 e 300% do comprimento original de cadeias, que posteriormente foram testados a 20, 25 e 30 mm. Os testes foram feitos em diversos tempos até às 3 semanas. O autor concluiu que o pré-estiramento instantâneo é um método eficiente para dissipar o elevado nível de força inicial, que é clinicamente indesejável. Concluiu-se também que uma quantidade de pré-estiramento igual ou ligeiramente superior à distância de teste pode reduzir o nível de força inicial alta, mantendo o mesmo nível de força que os grupos de controlo. No entanto, se o pré-estiramento instantâneo da cadeia de quatro elos for muito superior à distância de teste, tanto a força inicial como o valor da força durante o período de teste de três semanas diminuem significativamente, em comparação com o grupo controle. Já Baty e Storie (Baty, Storie e von Fraunhofer 1994) concluíram que os benefícios do pré-estiramento eram escassos e provavelmente clinicamente irrelevantes.

Podem ser encontradas na literatura diferentes opiniões sobre o nível de força que resulta em condições mecânicas favoráveis dentro do ligamento periodontal para o movimento dentário ortodôntico. Supõe-se que um sistema de força ótimo é importante para uma resposta biológica adequada do ligamento periodontal. Apesar de não existir um valor ótimo específico descrito na literatura ortodôntica (Ren, Maltha e Kuijpers-Jagtman 2003), um intervalo entre 100 e 200 gramas foi sugerido por Quinn e Yoshikawa (Quinn e Yoshikawa 1985). No entanto, não é a magnitude da força aplicada mas sim a duração e constância que são consideradas importantes para uma boa resposta biológica (Burstone, Baldwin e Lawless 1961; Daskalogiannakis e McLachlan 1996).

O encerramento de espaços de extração utilizando aparelhos ortodônticos é normalmente realizado através de uma de duas abordagens gerais: a primeira envolve o uso de *loops* de encerramento num arco contínuo ou segmentado e a segunda técnica, chamada de mecânica de deslizamento, envolve o movimento de um dente ao longo de um arco contínuo com um sistema que aplica a força adequada para produzir e sustentar o movimento. Geralmente usam-se molas ou materiais elastoméricos para realizar o

movimento. (Barlow e Kula 2008). Numerosos estudos *in vitro* (Frank e Nikolai 1980; Bednar, Gruendeman e Sandrik 1991) sugerem que variáveis como o coeficiente de fricção, o tamanho do fio e a degradação da força afetam a eficiência da mecânica de deslizamento. Deste modo, é importante procurar maximizar a eficiência da mecânica de deslizamento, controlando estas diferentes variáveis.

Numerosos estudos anteriores avaliaram a degradação da força de cadeias elastoméricas. No entanto, até à data, apenas um estudo foi publicado (Balhoff *et al.* 2011) avaliando o declínio da força relativamente a diferentes mecânicas aplicadas na retração de caninos. Nesse estudo os autores comparam três mecanismos diferentes, simulando a retração canina: o 6-5-3 (cadeia do gancho do primeiro molar ligada ao segundo pré-molar e ao gancho do canino), a cadeia em laço (cadeia que se estende desde o gancho do primeiro molar, contornando o gancho do canino e voltando ao gancho do molar, fazendo assim um *bypass* do segundo pré-molar) e o 6-3 (cadeia que se estende do gancho do primeiro molar diretamente ao gancho do canino). Os autores concluíram que existiam diferenças significativas entre os três mecanismos, sendo que o desenho 6-3 foi o que manteve a força mais constante ao longo do tempo (em comparação com o método 6-5-3 ou cadeia em laço). O mecanismo de cadeia em laço, utilizando 8 unidades de cadeia elastomérico pode não ser indicado para a mecânica de encerramento de espaços, devido ao excesso de força envolvida no mecanismo, ultrapassando os valores fisiológicos.

Tendo em conta a escassez de publicações nesta área, efetuamos um estudo *in vitro* para avaliar da degradação de cadeias elastoméricas utilizando dois mecanismos de retração canina, incorporando a variável do pré-estiramento, para assim avaliar o benefício ou não desta técnica nas diferentes mecânicas de retração. Uma vez que a retração de caninos com cadeias é uma técnica comum e amplamente utilizada, é importante saber que mecanismo consegue manter uma força mais constante, e se o pré-estiramento efetivamente terá vantagem quando comparado com amostras não estiradas.

# Objetivos

Este estudo *in-vitro* teve os seguintes objetivos:

1. Estudar a força produzida por cadeias elastoméricas, simulando a retração de um canino, com e sem pré-estiramento instantâneo:

- Hipótese 0: não há diferença entre as forças produzidas por cadeias com e sem pré-estiramento instantâneo
- Hipótese 1: há diferença entre as forças produzidas por cadeias com e sem pré-estiramento instantâneo

2. Estudar a força produzida por cadeias elastoméricas, simulando a retração de um canino, utilizando dois sistemas biomecânicos:

- Hipótese 0: não há diferença entre as forças produzidas pelos diferentes sistemas biomecânicos de retração canina
- Hipótese 1: há diferença entre as forças produzidas pelos diferentes sistemas biomecânicos de retração canina

3. Estudar a força produzida por cadeias elastoméricas, simulando a retração de um canino, ao longo do tempo:

- Hipótese 0: não há diferença entre as forças produzidas pelas cadeias elastoméricas ao longo do tempo
- Hipótese 1: há diferença entre as forças produzidas pelas cadeias elastoméricas ao longo do tempo



# Materiais e Métodos

## Delineamento experimental

Neste estudo foi avaliada a degradação de cadeias elastoméricas utilizando dois sistemas biomecânicos de retração canina, assim como a influência do pré-estiramento instantâneo ou não das amostras, às 0 horas, ao final de 24 horas, 6 horas, 1 semana, 2 semanas, 4 semanas e 6 semanas.

Foi elaborado um modelo experimental *in-vitro* para simular a fase inicial da retração do canino superior, em casos de extração de primeiros pré-molares, em duas situações:

- a primeira simulou a retração com cadeia elastomérica ligada diretamente do canino superior ao primeiro molar superior, com 4 elos de cadeia (6-3) (Fig.1.);



Fig.1. Sistema biomecânico de retração canina 6-3 (4 elos)

- a segunda simulou a retração com cadeia elastomérica ligada do canino ao segundo pré-molar, simulando a cadeia ligada ao canino ao segundo pré-molar com 3 elos de cadeia (5-3) (Fig.2.).



Fig.2. Sistema biomecânico de retração canina 5-3 (3 elos)

Os dois sistemas de retração canina foram divididos em 6 subgrupos, para se avaliar o efeito do pré-estiramento instantâneo: (Fig.3.)

- 1/3 do grupo foi sujeito a pré-estiramento instantâneo equivalente ao **dobro** do seu comprimento inicial (100%)
- 1/3 do grupo foi sujeito a pré-estiramento instantâneo equivalente ao **triplo** do seu comprimento inicial (200%)
- 1/3 não sofreu pré-estiramento (controle)

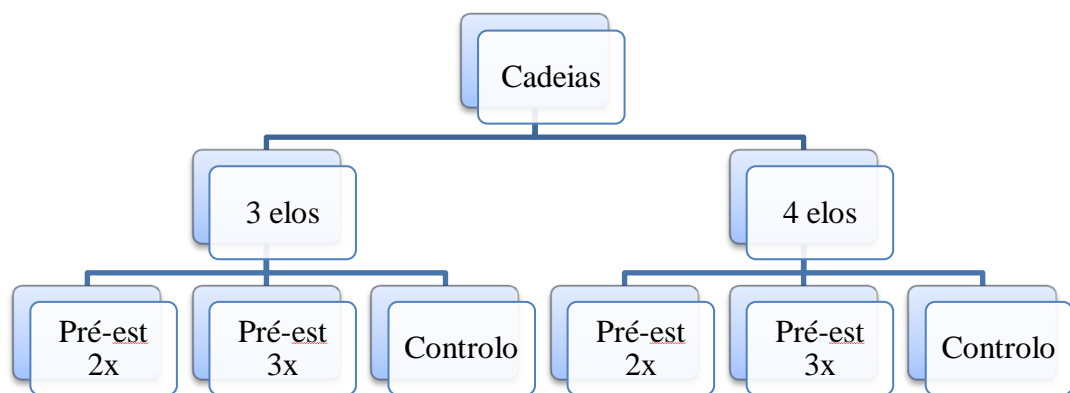


Fig.3. Delineamento experimental do estudo de degradação da força de cadeias elastoméricas

Estes 6 grupos experimentais foram avaliados às zero horas, 24 horas, 1 semana, 2 semanas, 4 semanas e 6 semanas. Cada grupo tinha 12 cadeias, tendo sido testadas no total 72 cadeias.

## Preparação das amostras

Foram usadas várias secções de cadeia elastomérica aberta cinzenta Generation II (Ormco, Glendora, California, EUA) (Fig..4) com 3 e 4 elos.

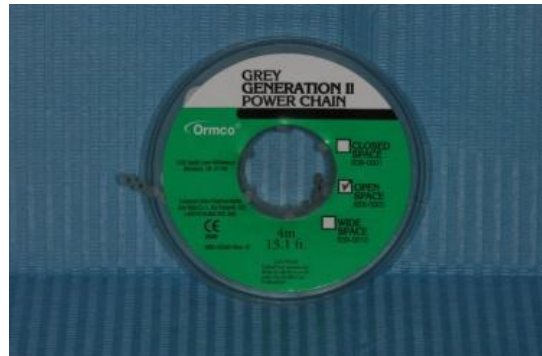


Fig.4. Cadeia elastomérica aberta cinzenta Generation II

A dimensão da amostra foi determinada a partir de um ensaio piloto prévio, tendo como objetivo obter um nível de significância de 1% (0,01) e poder estatístico de 20%.

Foram constituídos dois grupos experimentais, segundo o sistema biomecânico de retração canina, com o intuito de simular a retração inicial de um canino maxilar em casos de extração de primeiro pré-molar:

- sistema com o canino ligado diretamente ao primeiro molar, sem estar ligado ao segundo pré-molar (6-3), com 4 elos. Neste caso a cadeia foi estirada 26mm, que é a média da distância entre o ponto médio do bracket do primeiro molar e o ponto médio do bracket do canino numa dentição normal, antes do encerramento do espaço;

- sistema com o canino ligado ao segundo pré-molar (5-3), com 3 elos. A cadeia foi estirada 18mm, que é a média da distância entre o ponto médio do bracket do primeiro molar e o ponto médio do bracket do segundo pré-molar numa dentição normal, antes do encerramento do espaço.

Para a simulação dos 2 sistemas biomecânicos de retração canina foram fabricadas 4 estruturas em polimetacrilato autopolimerizável (Orthocryl, Dentaaurum, D-7530 Pforzheim, Alemanha), com 3 fileiras de pinos de fibra de vidro. Duas das estruturas tinham os pinos afastados 26mm (para as cadeias de 4 elos) e outras duas estruturas tinham os pinos afastados 18mm (para as cadeias de 3 elos) (Figs.5 e 6).

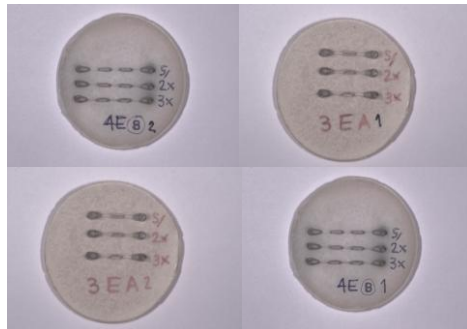


Fig.5. Estruturas de acrílico de suporte às cadeias

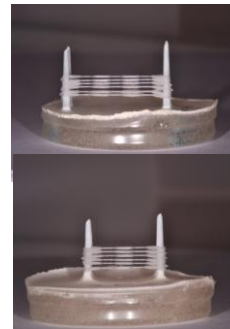


Fig.6. Estruturas de acrílico (vista lateral)

Cada um dos 2 grupos de 3 e 4 elos foi depois dividido em três sub-grupos, segundo o pré-estiramento ou não:

1. Grupo sem pré-estiramento (Con): a cadeia foi seccionada diretamente da embalagem, sem estirar, com um alicate de corte de ligaduras *15° Pin & Fine Wire Cutter* (ETM Corporation, 08L57L (1000), Monrovia, Califórnia, EUA) (Fig.7)

2. Grupos com pré-estiramento (PreEst): a cadeia foi seccionada da embalagem com um alicate de corte de ligaduras *15° Pin & Fine Wire Cutter* (ETM Corporation, 08L57L (1000), Monrovia, Califórnia, EUA). Seguidamente, as amostras foram pré-estiradas com duas pinças Mathieu (3M Unitek, 809-001, Monrovia, Califórnia, EUA) (Fig.7). Para tal, foi elaborada uma estrutura em gesso e pinos metálicos, com distâncias entre os pinos de 2 e 3 vezes o tamanho das amostras de 3 e 4 elos: (Fig.8)

- 14 mm (o dobro do comprimento da cadeia de 3 elos)
- 21 mm (o dobro do comprimento da cadeia com 4 elos e o triplo da cadeia com 3 elos)
- 31 mm (o triplo do comprimento da cadeia com 4 elos)

As cadeias foram mantidas em estiramento sobre esta estrutura de gesso durante 5 segundos com as duas pinças Mathieu (Fig.9).

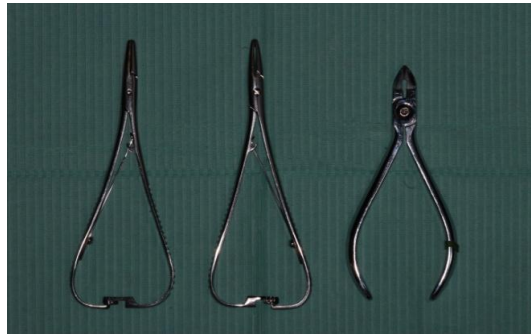


Fig.7. Duas pinças Mathieu (3M Unitek, 809-001, Monrovia, Califórnia, EUA) e um alicate de corte de ligaduras *15° Pin & Fine Wire Cutter* (ETM Corporation, 08L57L (1000), Monrovia, Califórnia, EUA)



Fig.8. Estrutura para pré-estiramento das cadeias

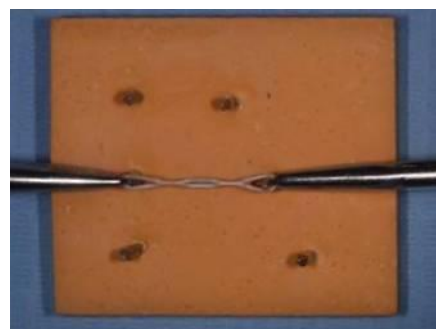


Fig.9. Representação do pré-estiramento

## Testes de tensão

Imediatamente após a preparação de cada espécime, este foi sujeito a um teste de tensão com uma máquina de ensaios mecânicos Instron, modelo 4502, nº de série: H3307 (Instron Ltd., Bucks, HP12 3SY, Reino Unido) (Fig.10), no Laboratório de Biomateriais da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa.



Fig.10. Instron, modelo 4502, nº de série: H3307 (Instron Ltd., Bucks, HP12 3SY, Reino Unido)

Os espécimes foram montados no braço fixo do Instron, com os elos terminais da cadeia inseridos num gancho de aço inoxidável para ensaios de tensão (secção redonda, 1,4mm de diâmetro) (Fig.11). A extensão da cadeia foi efetuada à velocidade de 10mm por minuto, utilizando uma célula de carga de 1 KiloNewton.

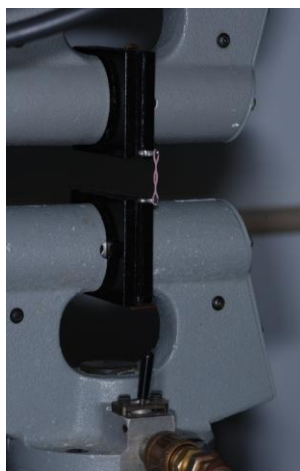


Fig.11. Cadeia montada nos ganchos do Instron

As cadeias foram estiradas até atingirem o comprimento pré-determinado, 26mm para amostras de 4 elos e 18mm para 3 elos e, posteriormente, o Instron fez o percurso inverso até atingir o comprimento inicial (Fig.12)

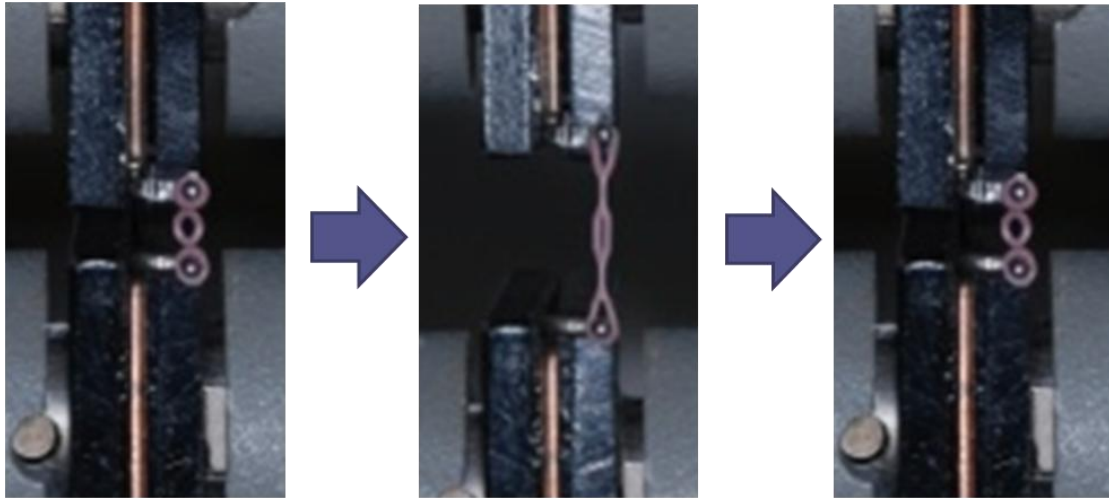


Fig.12. Instron a estirar a cadeia e a recuperar a posição inicial

Foram registradas 26 medições da força por milímetro, em Newton. Foram ainda elaborados gráficos de ativação/desativação para cada uma das 36 combinações sistema de retração canina/pré-estiramento/tempo (Fig.13)

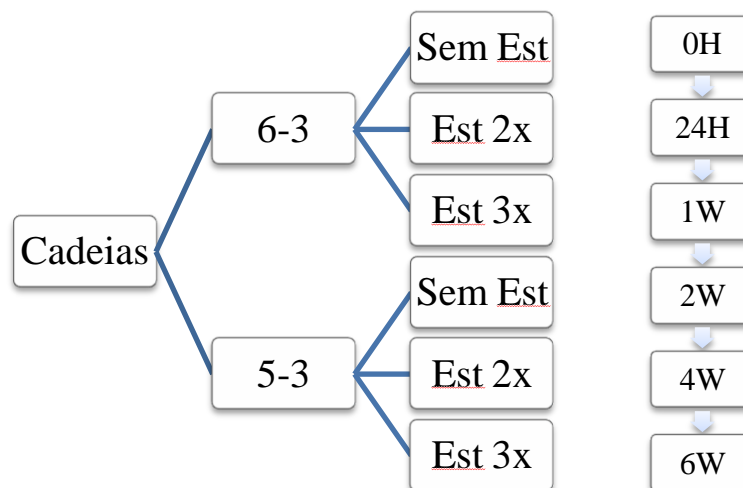


Fig.13 Representação esquemáticas das 36 combinações sistema de retração canina/pré-estiramento/tempo

Depois de testadas no Instron as 72 cadeias foram mantidas na estrutura de acrílico, mergulhada em água destilada, numa estufa (Memmert, 854 Schwabach, Alemanha) (Fig.14.) à temperatura de 37°C, para simular o ambiente oral. Posteriormente repetiu-se o mesmo teste de tensão em todos os tempos até às 6 semanas:

- 0 horas (T0)
- 24 horas (T24h)
- 1 semana (T1W)
- 2 semanas (T2W)
- 4 semanas (T4W)
- 6 semanas (T6W)

Foram efetuados num total 432 testes de tensão no Instron.



Fig.14. Estufa Memmert



## Análise Estatística

A dimensão da amostra ( $n$ ) foi determinada utilizando uma tabela de cálculo de amostras, tendo por objetivo obter um nível de significância de  $\alpha=0.01$  e um poder estatístico de  $\beta=0.20$ , para 1 desvio padrão.

Foi usado o teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar as condições de normalidade e homogeneidade da variância.

Os dados obtidos serão analisados por intermédio do software informático SuperANOVA (Abacus Concept, Berkeley, California).

De acordo com a metodologia corrente, foi efetuada a estatística descritiva dos valores de força das cadeias elastoméricas e, para cada grupo experimental, foi calculada a média, o desvio padrão e os valores máximo e mínimo.

Os valores de força obtidos foram submetidos a uma análise de variância ANOVA de medições repetidas. A força das cadeias elastoméricas foi utilizada como variável dependente e o número de elos, o pré-estiramento e o tempo foram as variáveis independentes.

## Resultados

Quando se analisou o modelo total da ANOVA, todas as variáveis foram estatisticamente significativas, tendo sido a variável tempo a mais significativa, seguida pelo estiramento e por último o tipo de cadeia. No modelo completo de análise a amostra é muito grande (72), sendo que é questionável se o tipo de cadeia, que é estatisticamente significativo, será ou não clinicamente significativo (diferença de 12,137gm) (Tabelas 1 e 2).

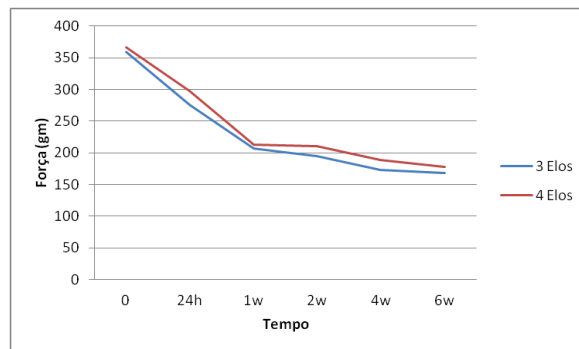
Fonte	df	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	F-Value	p-Value
<b>Tipo</b>	1	15.909.081	15.909.081	56.521	0.0001
<b>Estiramento</b>	2	150.966.482	75.483.241	268.172	0.0001
<b>Grupo</b>	68	19.140.181	281.473		
<b>Tempo</b>	5	1.974.560.122	394.912.024	6.713.688	0.0001
<b>Tempo X Tipo</b>	5	3.082.782	616.556	10.482	0.0001
<b>Tempo X Estiramento</b>	10	170.257.852	17.025.785	289.446	0.0001
<b>Tempo X Grupo</b>	340	19.999.452	58.822		
<b>Variável dependente: Força</b>					

Tab.1. ANOVA modelo total

	Soma	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão
<b>Três Elos</b>	216	22.889	73.713	5.016
<b>Quatro Elos</b>	216	242.026	73.762	5.019

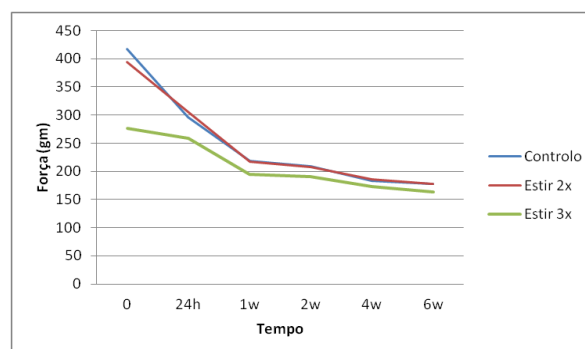
Tab.2. Valores médios com 3 e 4 elos

O comportamento entre os tipos de cadeias ao longo do tempo foi semelhante, sendo que as cadeias com 4 elos mantiveram a força sempre ligeiramente superior às de 3 elos (Gráf.1).



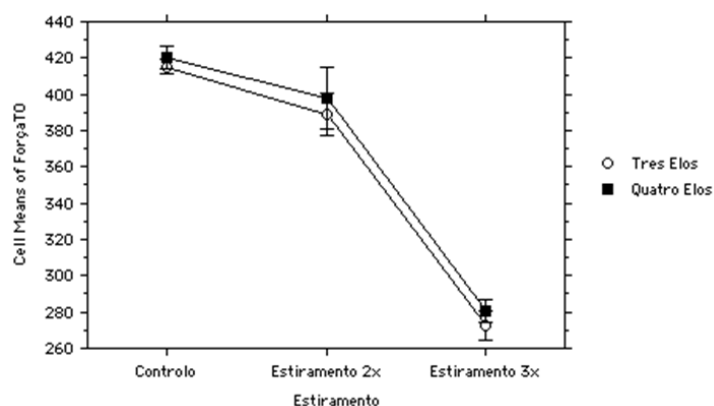
Gráf.1. Forças médias, para cadeias com 3 e 4 elos nos 6 tempos experimentais

O comportamento entre o controlo e o estiramento 2x foi semelhante ao longo de todo o ensaio. No entanto, o estiramento 3x apresentou uma força inferior inicialmente (Gráf.2).



Gráf.2. Forças médias, para cadeias com estiramento 2x e estiramento 3x nos 6 tempos experimentais

Na análise de variância a 2 dimensões para T0, os grupos de controlo e de estiramento 2x apresentaram valores de força muito próximos, para os dois tipos de elos. No estiramento 3x a força foi muito inferior. A diferença de força entre o controlo e o estiramento 2x foi de 24g, enquanto a diferença entre o estiramento de 2x e 3x foi de 116g e o controlo e o estiramento 3x foi de 141g. Quando se comparam as variáveis entre si, constata-se que há diferenças significativas entre todas (Gráf.3 e Tab.3).



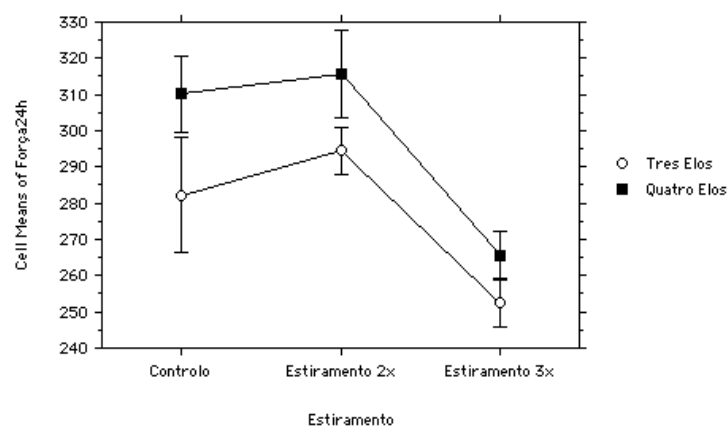
Gráf.3. Gráfico da comparação das médias dos 6 grupos em T0

	Vs.	Diff.	Crit. Diff.	P-Value	
<b>Estiramento 3X</b>	Estiramento 2X	116.940	7.122	0.0001	S
	Controlo	141.078	7.122	0.0001	S
<b>Estiramento 2X</b>	Controlo	24.138	7.122	0.0001	S

**S = Diferença de Significância para o Nível**

Tab.3. Diferença entre estiramentos para T0

Na análise de variância a 2 dimensões para T24H o controlo e o estiramento 2x continuaram com valores de força próximos, nos 2 tipos de elos. O estiramento 3x mantém uma força inferior aos outros grupos, apesar da diferença ser menor que em T0. Neste tempo o controlo e o estiramento 2x tiveram uma diferença menos significativa que as outras 2 associações (Gráf.4 e Tab.4).



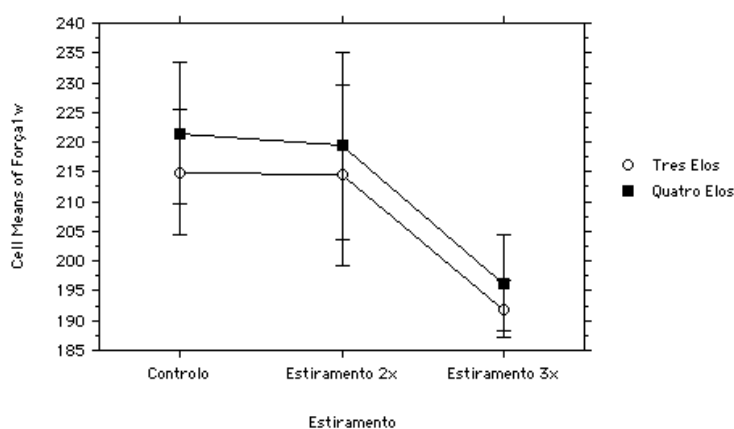
Gráf.4. Gráfico da comparação das médias dos 6 grupos em T24h

	Vs.	Diff.	Crit. Diff.	P-Value	
<b>Estiramento 3X</b>	Controlo	37.160	7.474	0.0001	S
	Estiramento 2X	46.019	7.474	0.0001	S
<b>Controlo</b>	Estiramento 2X	8.859	7.474	0.0160	S

**S = Diferença de Significância para o Nível**

Tab.4. Diferença entre estiramentos para T24h

Na análise de variância a 2 dimensões para T1W continua a haver diferença de força entre os grupos mas cada vez menor. Neste ensaio a diferença entre o controlo e o estiramento 2x deixou de ser significativa (Gráf.5 e Tab.5).



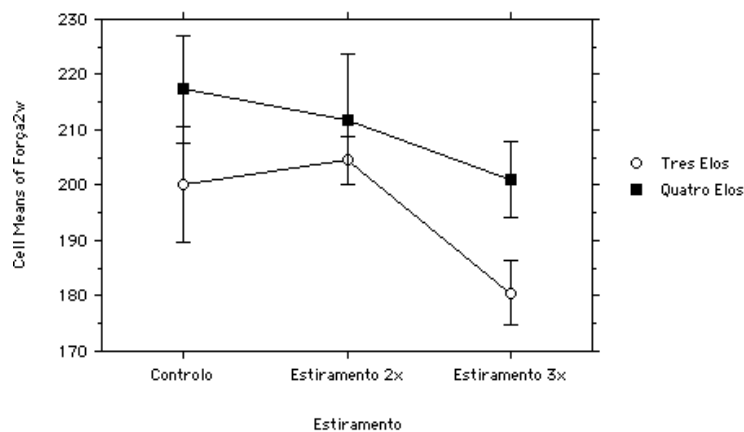
Gráf.5. Gráfico da comparação das médias dos 6 grupos em T1W

	Vs.	Diff.	Crit. Diff.	P-Value	
<b>Estiramento 3X</b>	Estiramento 2X	22.812	8.455	0.0001	S
	Controlo	24.082	8.455	0.0001	S
<b>Estiramento 2X</b>	Controlo	1.270	8.455	0.9317	S

**S = Diferença de Significancia para o Nível**

Tab.5. Diferença entre estiramentos para T1W

Na análise de variância a 2 dimensões para T2sW a diferença entre cadeias tornou-se mais baixa que no T1W. As diferenças entre o controlo e o estiramento 2x continuam a não ser estatisticamente significativas (Gráf.6 e Tab.6).



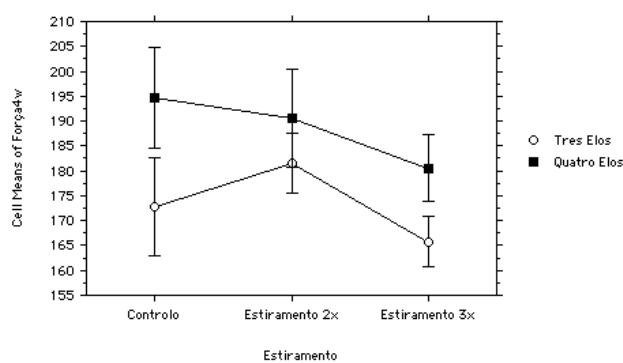
Gráf.6. Gráfico da comparação das médias dos 6 grupos em T2W

	Vs.	Diff.	Crit. Diff.	P-Value	
<b>Estiramento 3X</b>	Estiramento 2X	17.467	6.212	0.0001	S
	Controlo	17.943	6.212	0.0001	S
<b>Estiramento 2X</b>	Controlo	0.476	6.212	.9818	

**S = Diferença de Significância para o Nível**

Tab.6. Diferença entre estiramentos para T2W

Na análise de variância a 2 dimensões para T4W mantém-se a diferença significativa entre o controlo e o estiramento 3x, e o estiramento 2x e o estiramento 3x, mas as diferenças entre grupos estão cada vez mais baixas (Gráf.7 e Tab.7).



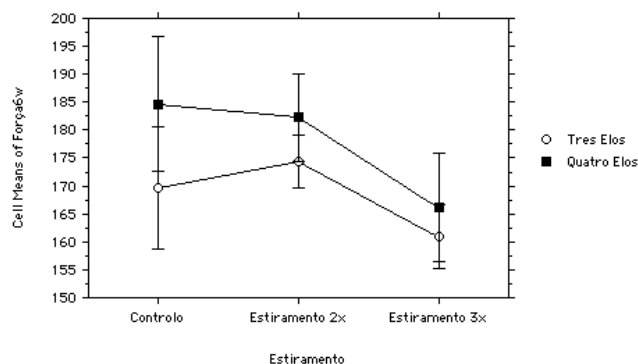
Gráf.7. Gráfico da comparação das médias dos 6 grupos em T4W

	Vs.	Diff.	Crit. Diff.	P-Value	
<b>Estiramento 3X</b>	Controlo	10.588	5.949	0.0002	S
	Estiramento 2X	12.857	5.949	0.0001	S
<b>Estiramento 2X</b>	Estiramento 2X	2.269	5.949	0.6357	S

**S = Diferença de Significância para o Nível**

Tab.7. Diferença entre estiramentos para T4W

Finalmente, na análise de variância a 2 dimensões para T6W as diferenças entre os 3 grupos são muito semelhantes ao T4W, tendo havido muito pouco decréscimo da força (Gráf.8 e Tab.8).



Gráf.8. Gráfico da comparação das médias dos 6 grupos em T6W

	Vs.	Diff.	Crit. Diff.	P-Value	
<b>Estiramento 3X</b>	Controlo	13.583	6.446	0.0001	S
	Estiramento 2X	144.756	6.446	0.0001	S
<b>Controlo</b>	Estiramento 2X	1.173	6.446	0.9016	S

**S = Diferença de Significância para o Nível**

Tab.8. Diferença entre estiramentos para T6W



Na avaliação dos contrastes para 3 elos, as maiores diferenças de decréscimo de força são até à 1ª semana. O estiramento 3x foi o que perdeu menos força ao longo do estudo (Tab.9).

	CONTROLO			ESTIRAMENTO 2X			ESTIRAMENTO 3X		
	<u>Difforça</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>	<u>Difforça</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>	<u>Difforça</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>
0 vs 24h	<b>-133</b>	2807.027	.0001	<b>-94</b>	794.754	.0001	<b>-20</b>	87.115	.0001
24h vs 1w	<b>-68</b>	717.073	.0001	<b>-80</b>	565.166	.0001	<b>-61</b>	765.200	.0001
1w vs 2w	<b>-14</b>	34.606	.0001	<b>-10</b>	8.601	.0049	<b>-11</b>	26.793	.0001
2w vs 4w	<b>-28</b>	118.060	.0001	<b>-23</b>	47.141	.0001	<b>-15</b>	45.842	.0001
4w vs 6w	<b>-3</b>	1.652	.2040	<b>-7</b>	4.524	.0379	<b>-5</b>	5.000	.0294

Tab.9. Contrastes entre tempos para 3 elos

Na avaliação dos contrastes para 4 elos as maiores diferenças de força observaram-se também até à 1ª semana, sendo que o estiramento 3x foi o que perdeu menos força ao longo do estudo (Tab.10).

	CONTROLO			ESTIRAMENTO 2x			ESTIRAMENTO 3X		
	<u>Difforça</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>	<u>Difforça</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>	<u>Difforça</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>
0 vs 24h	<b>-110</b>	1605.500	.0001	<b>-82</b>	319.983	.0001	<b>-15</b>	42.918	.0001
24h vs 1w	<b>-89</b>	1040.926	.0001	<b>-96</b>	436.573	.0001	<b>-69</b>	921.057	.0001
1w vs 2w	<b>-4</b>	2.296	.1354	<b>-8</b>	2.643	.1097	<b>4</b>	4.141	.0467
2w vs 4w	<b>-23</b>	67.920	.0001	<b>-21</b>	21.508	.0001	<b>-20</b>	80.048	.0001
4w vs 6w	<b>-10</b>	13.316	.0059	<b>-8</b>	3.244	.0772	<b>-14</b>	39.527	.0001

Tab.10. Contrastes entre tempos para 4 elos

## Discussão

Relativamente à primeira hipótese estudo, se há diferenças no pré-estiramento instantâneo ou não, os estudos publicados anteriormente relativamente à capacidade deste método reduzir a força inicial das cadeias têm demonstrado resultados inconclusivos, no que diz respeito aos benefícios ou não do pré-estiramento e em relação à quantidade e condições ótimas da técnica. É muito difícil comparar os resultados dos estudos entre si uma vez que as metodologias de investigação variam muito entre eles. Nas condições de teste utilizadas, para a fase inicial da retração canina, observou-se muito pouca diferença entre o controlo e o estiramento 2x ao longo de todos os tempos, levando a questionar se a pequena diferença encontrada será clinicamente significativa. No entanto, estes 2 grupos mostraram uma diferença marcada em comparação com o grupo que foi estirado 3x, especialmente até à 1ª semana de teste, sendo as diferenças cada vez menos evidentes ao longo do tempo.

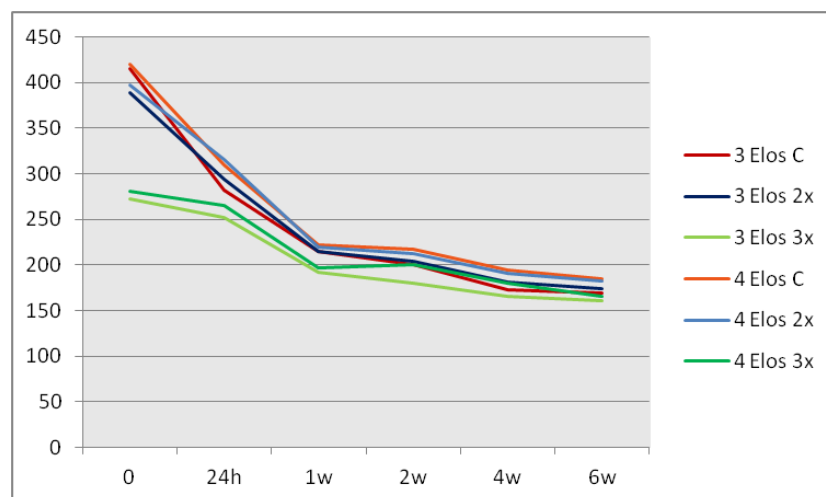
O grupo estirado 3x apresenta uma curva de degradação da força bastante menos íngreme que os outros grupos e com uma força inicial mais baixa e contínua ao longo do tempo. Esta curva de degradação é mais favorável para evitar áreas de hialinização, que aparecem ao final de 2 dias da aplicação da força (Rygh *et al.* 1986, Radunovic V. 1999). As áreas de hialinização vão levar a uma reabsorção indireta, que se sabe ser menos eficiente para o movimento dentária e levar a mais dor (Proffit W. *et al.* 2007).

Relativamente à segunda hipótese de estudo, se há ou não diferenças no sistema de retração do canino, 6-3 ou 5-3, nas condições de teste utilizadas, a diferença entre forças, tanto nos 2 pré-estiramentos como no controlo, variaram entre 5 e 20 g em todos os tempos, tendo a média de diferenças observada sido de 12g. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Balhoff *et al.* 2011, que obtiveram forças superiores no sistema 6-3. No entanto a diferença de força entre os 2 grupos às 6 semanas por nós encontrada foi menor: + 51% para o sistema 6-3 e: -53% para o sistema 5-3.

É importante referir que a percentagem alta (cerca de 50%) de manutenção da força da cadeia ao final de T6 não tem em consideração o movimento dentário que ocorre clinicamente. Este movimento dentário vai aumentar o rácio de perda de força,

devendo esta perda ser mais relevante na cadeia de 3 elos uma vez que a percentagem de encurtamento da cadeia será maior na cadeia mais pequena. No entanto, este facto teria de ser confirmado com estudos adicionais. Sendo assim, nas condições usadas neste estudo experimental, para uma situação em que se inicia a retração canina com o espaço total do 1º pré-molar presente, as diferenças de forças encontradas entre os tipos de cadeias são bastante baixas, e, apesar de serem estatisticamente significativas, é muito questionável se serão clinicamente significativas.

Relativamente há 3ª hipótese, se há diferenças entre a força produzida pelas cadeias ao longo do tempo ou não: é consensual na literatura, já tendo sido demonstrado por inúmeros autores, que existe perda de força das cadeias elastoméricas ao longo do tempo (Andreasen e Bishara 1970; Bishara e Andreasen 1970; Hershey e Reynolds 1975; Wong 1976; De Genova *et al.* 1985). Todos os autores demonstraram uma perda da força inicial rápida durante as primeiras 24 horas, havendo posteriormente uma fase mais estável com menos alterações da força ao longo do tempo. Tal como representado no gráfico 9, os nossos resultados foram semelhantes aos encontrados por outros autores: observa-se uma perda de força inicial alta, especialmente entre o T0-T24h e T24-T1w. Depois da 1ª semana a força mantém-se mais constante, diminuindo a uma velocidade mais baixa.



Gráf.9. Gráfico de comparação dos 6 grupos ao longo do tempo

## Conclusões

Em conclusão:

- O pré-estiramento de 3x das cadeias provou ser eficaz na redução da perda de força abrupta inicial das cadeias, vantagem que se sabe ser clinicamente relevante para o movimento ortodôntico se efetuar na condição mais eficaz possível. Estes resultados, relativamente à quantidade de estiramento a exercer sobre as cadeias, podem ser aplicados exclusivamente à cadeia elastomérica aberta cinzenta Generation II daOrmco.

- Nas condições experimentais do estudo, que simularam a fase inicial da retração canina, imediatamente após a exodontia do primeiro pré-molar e com o espaço de extração ainda completamente aberto, não existe diferença clinicamente significativa entre os 2 sistemas biomecânicos de retração usados, de 3 e 4 elos.

Tal como confirmado por numerosos autores, a cadeia elastomérica sofre degradação permanente e não mantém uma força contínua ao longo do tempo. Esta desvantagem deve ser tomada em consideração quando planeamos a mecânica de tratamento ortodôntico dos nossos pacientes.

## Bibliografia

Andreasen GF, Bishara S (1970). "Comparison of elastik chains with elastics involved with intra-arch molar to molar forces." *Angle Orthod* **40**(3): 151-158.

Balhoff DA, Shuldborg M, Hagan JL, Ballard RW, Armbruster PC (2011). "Force decay of elastomeric chains - a mechanical design and product comparison study." *J Orthod* **38**(1): 40-47.

Barlow M, Kula K (2008). "Factors influencing efficiency of sliding mechanics to close extraction space: a systematic review." *Orthod Craniofac Res* **11**(2): 65-73.

Baty DL, Storie DJ, von Fraunhofer JA (1994). "Synthetic elastomeric chains: a literature review." *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **105**(6): 536-542.

Bednar JR, Gruendeman GW, Sandrik JL (1991). "A comparative study of frictional forces between orthodontic brackets and arch wires." *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **100**(6): 513-522.

Bishara SE, Andreasen GF (1970). "A comparison of time related forces between plastic elastiks and latex elastics." *Angle Orthod* **40**(4): 319-328.

Brantley WA, Salander S, Myers CL, Winders RV (1979). "Effects of prestretching on force degradation characteristics of plastic modules." *Angle Orthod* **49**(1): 37-43.

Buchmann N, Senn C, Ball J, Brauchli L (2011). "Influence of initial strain on the force decay of currently available elastic chains over time." *Angle Orthod*: 1-7.

Burstone CJ, Baldwin JJ, Lawless DT (1961). "The application of continuous forces in orthodontics." *Angle Orthodontist* **31**: 1-14.

Chang HF (1987). "Effects of instantaneous prestretching on force degradation characteristics of orthodontic plastic modules." *Proc Natl Sci Counc Repub China B* **11**(1): 45-53.

Daskalogiannakis J, McLachlan KR (1996). "Canine retraction with rare earth magnets: an investigation into the validity of the constant force hypothesis." *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **109**(5): 489-495.

De Genova DC, McInnes-Ledoux P, Weinberg R, Shaye R (1985). "Force degradation of orthodontic elastomeric chains--a product comparison study." *Am J Orthod* **87**(5): 377-384.

Dell RB, Holleran S, Ramakrishnan R (2002). "Sample size determination." *Ilar J* **43**(4): 207-213.

Frank CA, Nikolai RJ (1980). "A comparative study of frictional resistances between orthodontic bracket and arch wire." *Am J Orthod* **78**(6): 593-609.

Hershey HG, Reynolds WG (1975). "The plastic module as an orthodontic tooth-moving mechanism." *Am J Orthod* **67**(5): 554-562.

Kim KH, Chung CH, Choy K, Lee JS, Vanarsdall RL (2005). "Effects of prestretching on force degradation of synthetic elastomeric chains." *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **128**(4): 477-482.

Proffit W, Fields H, Sarver D (2007) "Contemporary Orthodontics" 4th Edition Mosby Elsevier

Quinn RS, Yoshikawa DK (1985). "A reassessment of force magnitude in orthodontics." *Am J Orthod* **88**(3): 252-260.

Radunovic Vaska Vandevska (1999) "Neural modulation of inflammatory reactions in dental tissues incident to orthodontic tooth movement. A review of the literature" *European J Orthod* **21**: 231-247

Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM (2003). "Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review." *Angle Orthod* **73**(1): 86-92.

Rygh P, Bowling K, Hovlandsdal L, Williams S (1986). "Activation of the vascular system: A main mediator of periodontal fiber remodeling in orthodontic tooth movement". *Am J Orthod* **89** (6): 432-468

Wong AK (1976). "Orthodontic elastic materials." *Angle Orthod* **46**(2): 196-205.

Young J, Sandrik JL (1979). "The influence of preloading on stress relaxation of orthodontic elastic polymers." *Angle Orthod* **49**(2): 104-109.